

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



**AVALIAÇÃO DA TRANSMISSÃO DE LUZ ATRAVÉS DE ZIRCÓNIA:  
TRANSLUCIDEZ E POLIMERIZAÇÃO DE UM CIMENTO DE RESINA –  
UM ESTUDO PILOTO**

**Vânia Alexandra Cândido Pomares**

MESTRADO INTEGRADO

2011

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



**AVALIAÇÃO DA TRANSMISSÃO DE LUZ ATRAVÉS DE ZIRCÓNIA:  
TRANSLUCIDEZ E POLIMERIZAÇÃO DE UM CIMENTO DE RESINA –  
UM ESTUDO PILOTO**

**Vânia Alexandra Cândido Pomares**

**Dissertação orientada pela Doutora Isabel Gomes**

**MESTRADO INTEGRADO**

**2011**



## Agradecimentos

À minha orientadora Dr<sup>a</sup> Isabel Gomes,  
por ter aceite orientar esta tese, pela sua disponibilidade,  
saber, espírito crítico e rigor que permitiram a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais e irmão  
por me terem dado a mão no primeiro dia e não a terem recolhido desde então.

Ao Tiago, à Cátia e à Sofia  
pelas palavras sempre certas.

Ao João, Gonçalo e Nuno  
pela cumplicidade, companheirismo e protecção que nunca descuraram.

À Júlia, Rita, Fernanda e Ana Catarina,  
por me terem deixado fazer parte da sua história e terem transformado  
os últimos 6 anos em muito mais do que uma mera experiência académica.



## Resumo

O presente estudo laboratorial foi realizado com o objectivo de avaliar a influência da cerâmica de zircónia na polimerização de um cimento de resina fotopolimerizável, sendo igualmente avaliada a transmissão de luz através da mesma.

Foram avaliadas três cerâmicas de zircónia: Lava (3M ESPE), Zirconia Traslucet (Zirkonzahn) e Zirconia Prettau (Zirkonzahn). De cada uma das cerâmicas mencionadas foram efectuadas amostras não pigmentadas e pigmentadas em A1 e A4 com 0,6 mm de espessura.

Para atingir os objectivos propostos foram preparadas amostras de cimento de resina fotopolimerizável Variolink II Base (Ivoclar Vivadent) mediante a polimerização indirecta através de discos de cerâmica previamente confeccionados. Todas as amostras foram fotopolimerizadas com um aparelho de luz LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent), durante 10 segundos com a ponta do fotopolimerizador aplicada directamente sobre a cerâmica. O grau de conversão foi avaliado, indirectamente, através da medição de microdureza Vickers. Para cada grupo foi determinado o valor médio de microdureza e aplicado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis com um nível de significância estatístico fixado a 5%.

A avaliação da transmissão de luz das cerâmicas foi realizada por medição da intensidade de luz registada por um radiómetro (Kerr) e mediante a transmitância obtida por um espectrofotómetro (Thermo Electron Corporation).

Os valores médios de microdureza Vickers situaram-se entre os 4,86 Kg/mm<sup>2</sup>, obtido pela Lava A1, e os 12,44 Kg/mm<sup>2</sup>, obtido pela Prettau. Os valores médios de transmissão de luz por radiómetro situaram-se entre os 100 e os 400 mW/cm<sup>2</sup> registados respectivamente para o Zirkonzahn A4 e para os grupos não pigmentados Lava, Zirkonzahn e Prettau.

Através da análise estatística dos resultados obtidos concluiu-se que a marca de cerâmica e a sua pigmentação influenciam significativamente a microdureza. Apesar de quimicamente semelhantes as cerâmicas de zircónia avaliadas mostram-se diferentes na transmissão de luz.

**Palavras Chave:** Zircónia, Cimento de Resina, Microdureza, Grau de Conversão, Translucidez, Radiómetro, Espectrofotómetro, Fotopolimerizador LED



## Abstract

The aim of this laboratory study was to evaluate the influence of zirconia ceramics on the polymerization of a light-polymerized resin luting agent. It was also evaluated the ceramics light transmission.

Three different zirconia ceramics were evaluated: Lava (3M ESPE), Zirconia Translucent (Zirkonzahn) and Zirconia Prettau (Zirkonzahn). From each ceramic were made 0,6 mm thickness discs. The disks were divided in groups according to their shade: not-shaded, A1 shaded and A4 shaded.

To achieve the proposed aims, light-polimerized resin luting agent specimens were made with Variolink II Base (Ivoclar Vivadent). The specimen's polymerization was performed indirectly through the ceramic discs previously prepared. All the specimens were cured during 10 seconds in contact with the ceramic with a light-emitting diode Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent). The degree of conversion was indirectly evaluated through the measurement of Vickers microhardness. For each group was determined the microhardness medium value and performed the nonparametric test Kruskal Wallis with a 5% statistical significance.

The evaluation of the light transmission was performed through light intensity radiometer (Kerr) measurement and transmittance spectrophotometric analysis (Thermo Electron Corporation).

Vickers microhardness ranged between 4,86 Kg/mm<sup>2</sup>, achieved by Lava A1 and 12,44 Kg/mm<sup>2</sup> achieved by Prettau. Light transmission measured by radiometer ranged between 100 mW/cm<sup>2</sup> achieved by Zirkonzahn A4 and 400 mW/cm<sup>2</sup>, achieved by Lava, Zirkonzahn and Prettau.

According to the statistic analysis results, it was concluded that the zirconia ceramic type and it's translucency influence the resin luting agent microhardness. Besides being chemically equal, the evaluated zirconia ceramics light transmission differed.

**Key Words:** Zirconia, Resin Luting Agent, Microhardness, Degree of Conversion, Translucency, Radiometer, Spectrophotometer, LED Curing Unit.



## Índice

Lista de Abreviaturas .....	IV
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Cerâmicas Puras .....	1
1.2 Cimentação de Cerâmicas Puras .....	2
1.3 Cimentos de Resina Composta.....	4
1.4 Unidade Fotopolimerizadora de Luz LED .....	5
1.5 Translucidez das Cerâmicas .....	5
<b>2. Objectivos .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Materiais e Métodos .....</b>	<b>8</b>
3.1 Delineamento Experimental .....	8
3.2 Material Utilizado .....	8
3.3 Preparação Superfície Dentária .....	12
3.4 Preparação das Amostras .....	
3.4.1 Amostras de Cerâmica .....	12
3.4.2 Amostras de Cimento de Resina.....	13
3.5 Medição da Transmissão de Luz .....	
3.5.1 Com Radiómetro .....	14
3.5.2 Com Espectrofotómetro.....	15
3.6 Medição da Microdureza.....	15
3.7 Análise Estatística .....	16
<b>4. Resultados .....</b>	<b>17</b>
4.1 Microdureza .....	
4.1.1 Estatística Descritiva .....	17
4.1.2 Inferência Estatística.....	18
4.2 Transmissão de Luz .....	
4.2.1 Com Radiómetro .....	
4.2.1 .1 Estatística Descritiva .....	20
4.2.1 .2 Inferência Estatística .....	21
4.2.2 Com Espectrofotómetro .....	
4.2.2 .1 Estatística Descritiva .....	22
<b>5. Discussão .....</b>	<b>24</b>
5.1 Protocolo Experimental .....	24
5.2 Microdureza .....	26
5.3 Transmissão de Luz.....	27
<b>6. Conclusão .....</b>	<b>30</b>
Bibliografia.....	V
Anexos.....	VI



## **Lista de Abreviaturas**

**Zirconia Traslucet** – Zirkonzahn

**Zirconia Prettau** – Prettau



## 1. Introdução

Conscientes da permanente evolução da medicina dentária, as expectativas dos pacientes face à sua reabilitação oral são cada vez mais altas. As restaurações devem conjugar função e estética, o que conduziu a uma exponencial oferta de sistemas de cerâmicas puras em alternativa às restaurações metalo-cerâmicas cuja estética é frequentemente questionada (Donovan, 2008).

### 1.1 Cerâmicas Puras:

A aplicação de restaurações coronárias em cerâmica pura apresenta múltiplas vantagens tais como melhores características estéticas (Rasetto *et al.*, 2004), estabilidade química, biocompatibilidade (Zhang & Kim, 2009), fluorescência (Borges *et al.*, 2003), elevada resistência à compressão e coeficiente de expansão térmica similar à estrutura dentária (Soares *et al.*, 2005). Como limitações, a friabilidade (Soares *et al.*, 2005) e o *chipping* são as mais citadas (Chen *et al.*, 2008).

As cerâmicas puras dividem-se em duas classes: (i) Cerâmicas de baixa resistência mecânica, ricas em sílica e susceptíveis ao condicionamento ácido, que incluem as cerâmicas reforçadas por leucite, as cerâmicas reforçadas por dissilicato de lítio e as cerâmicas feldspáticas; (ii) Cerâmicas de alta resistência mecânica, não susceptíveis ao ataque ácido, com baixo teor de sílica (<1%) tendo na sua constituição alumina ou zircónia e que incluem as cerâmicas reforçadas por zircónia, as cerâmicas de alumina infiltrada por partículas de vidro e as cerâmicas de policristais de zircónia tetragonal estabilizada por ítrio (Soares *et al.*, 2005; Conrad *et al.*, 2007; Della Bona & Kelly, 2008; Mizrahi, 2008).

A maioria das restaurações em cerâmica é composta por uma infraestrutura em cerâmica opaca, revestida por uma cerâmica translúcida (Lim *et al.*, 2010). Kelly *et al.* (1996) identificaram a translucidez da infraestrutura como um dos factores primários no controlo da estética e na selecção do material cerâmico. A cor da infraestrutura tem uma influência significativa na cor final da restauração (Heffernan *et al.*, 2002b; Hjerpe *et al.*, 2008; Lim *et al.*, 2010).





Apesar das características físicas e mecânicas das cerâmicas puras terem sofrido uma grande evolução, ainda não existem estudos que indiquem que estas tenham um campo de aplicação tão vasto quanto as restaurações metalo-cerâmicas (Kakaboura *et al.*, 2003; Donovan, 2008). Assim, as restaurações em cerâmica pura devem ser apenas aplicadas em situações clínicas cujos critérios estéticos prevaleçam sobre a longevidade (Donovan, 2008).

Segundo Donovan (2008), as cerâmicas vítreas apresentam geralmente melhores propriedades estéticas enquanto que as cerâmicas de alta resistência potenciam as propriedades mecânicas.

As cerâmicas de elevada resistência são mais opacas (Della Bona & Kelly, 2008) e devem ser utilizadas nos locais onde a carga oclusal é maior, ou seja, ao nível dos pré-molares e molares (Donovan, 2008). Podem ser utilizadas para a confecção de inlays, onlays e na reabilitação protética parcial fixa (Borges *et al.*, 2003). Devido à sua opacidade, uma estrutura dentária subjacente muito pigmentada será também uma indicação para o seu uso (Mizrahi, 2008).

Das cerâmicas de elevada resistência destacam-se as que possuem zircônia na sua constituição, o que lhes confere excelentes propriedades físicas (Atsu *et al.*, 2006). A zircônia apresenta uma característica única – *transformation toughening* – que é a resistência à propagação de fendas e fissuras através da transformação da sua estrutura molecular tetragonal em monocíclica, atenuando desta forma os pontos de fragilidade da restauração (D’Amario *et al.*, 2010). Contudo, estas restaurações sofrem frequentemente de *chipping*, ocorrendo fractura na interface infraestrutura/cerâmica de revestimento (Özkurt *et al.*, 2010). A razão deste fenómeno ainda não está totalmente esclarecida sendo possível que possam ter um papel importante a flexão da infraestrutura, a falha no sistema adesivo ou a adaptação entre a infraestrutura e a cerâmica de revestimento (Donovan, 2008).

### **Cimentação de Cerâmicas Puras:**

Existe uma grande variedade de materiais para cimentar cerâmicas puras, nomeadamente o fosfato de zinco, o ionómero de vidro convencional ou modificado por resina e as resinas compostas (Cavalcanti *et al.*, 2009).



A decisão quanto ao cimento a utilizar deverá ser feita antes da escolha da cerâmica, baseada na forma da preparação do dente e margens da preparação dentária. Assim, se na preparação dentária a retenção não é a ideal (preparações curtas/cônicas), deverá ser utilizado um cimento de resina. Caso a retenção seja a ideal, a decisão quanto ao tipo de cimento deverá estar dependente das margens da preparação (Mizrahi, 2008).

Ferrari *et al.* (1999) demonstraram que as margens cervicais das coroas unitárias são a localização mais crítica durante a cimentação. A falha na adaptação marginal torna as restaurações mais susceptíveis à dissolução do cimento, microinfiltração e cárie secundária da estrutura dentária subjacente (Conrad *et al.*, 2007). A adaptação marginal constitui assim um factor primordial para o sucesso clínico das restaurações fixas (Karataşlı *et al.*, 2011).

Na cimentação com resina composta o controlo da humidade é prioritário pelo que esta só poderá ser ponderada caso a utilização do dique de borracha seja viável (Pospiech, 2002). Se o isolamento for insuficiente, dever-se-á considerar sempre a cimentação com ionómero de vidro convencional (Santos Jr *et al.*, 2009) ou modificado por resina (Blatz *et al.*, 2003).

As cerâmicas vítreas devem ser cimentadas com resina composta para potenciar a sua resistência mecânica (Blatz *et al.*, 2003), contudo este não é um factor crítico nas cerâmicas de alta resistência pelo que podem ser usados cimentos convencionais ou resinas compostas (Mizrahi, 2008).

Os cimentos resinosos possuem algumas vantagens comparativamente à cimentação convencional (Lee *et al.*, 2008) tais como menor solubilidade e melhores características estéticas (Cavalcanti *et al.*, 2009). Para além disso, a presença de uma camada de adesivo entre o cimento e a cerâmica parece aumentar a retenção e a resistência das cerâmicas à fractura (Lee *et al.*, 2008), potenciando portanto as suas propriedades mecânicas (Attar *et al.*, 2003).

As retenções micromecânicas criadas na superfície interna das restaurações indirectas são essenciais para a adesão destas ao cimento de resina composta (Kim *et al.*, 2005; Casucci *et al.*, 2009). Os métodos de criação de microrretenções variam conforme o conteúdo em sílica das cerâmicas em questão (Sadan *et al.*, 2005).

As cerâmicas ricas em sílica devem ser condicionadas com ácido hidrofluorídrico (2,5% a 10% durante 2 a 3 minutos) seguida de aplicação de silano (Blatz *et al.*, 2003).



As cerâmicas de elevada resistência não são susceptíveis a condicionamento ácido (Cavalcanti *et al.*, 2009), o que não constitui propriamente uma desvantagem, visto permitir a cimentação com técnicas menos sensíveis, através da utilização de ionómero de vidro modificado por resina (Donovan, 2008). Contudo, a cimentação adesiva é possível sendo a superfície da cerâmica sujeita a jactamento com partículas de 25 µm a 250 µm de óxido de alumínio (Cavalcanti *et al.*, 2009).

## 1.2 Cimentos de Resina Composta:

As propriedades mecânicas dos cimentos resinosos são determinadas pela eficácia da polimerização resinosa (Ilie & Hickel, 2008), ou seja, do grau de conversão de monómero da matriz do cimento (Koch *et al.*, 2007). Um baixo grau de conversão está associado a piores propriedades mecânicas, instabilidade dimensional e libertação de monómero residual que poderá lesar os tecidos moles (Tezvergil-Mutluay *et al.*, 2007).

Os cimentos resinosos encontram-se divididos em três grupos de acordo com o seu processo de polimerização: autopolimerizáveis, fotopolimerizáveis e de dupla polimerização (Blatz *et al.*, 2003).

Os autopolimerizáveis são usados preferencialmente na cimentação de restaurações metálicas (Lee *et al.*, 2008) e espigões intraradiculares (Santos Jr *et al.*, 2009), sendo a sua manipulação mais demorada e não permitindo o controlo do tempo de trabalho (Hofmann *et al.*, 2001).

Os cimentos fotopolimerizáveis são de fácil manipulação (Hofmann *et al.*, 2001) e permitem uma maior estabilidade de cor (Rasetto *et al.*, 2004) na medida em que utilizam uma amina alifática em vez de aminas aromáticas, que por sua vez são indispensáveis na polimerização química (Anusavice, 2003). No entanto, a espessura da cerâmica pode inviabilizar uma correcta polimerização (Lee *et al.*, 2008), pelo que estes cimentos são apenas recomendados para a cimentação de facetas (El-Badrawy & El-Mowafy, 1995).

Os cimentos de dupla polimerização conjugam as vantagens dos cimentos autopolimerizáveis com as dos fotopolimerizáveis, potenciando o grau de conversão do cimento resinoso (Tezvergil-Mutluay *et al.*, 2007). Estes cimentos fornecem um tempo



de trabalho mais prolongado e maior controlo deste, assegurando o activador químico um alto grau de polimerização (Blatz *et al.*, 2003) assim como a polimerização em áreas inacessíveis à fotopolimerização (Santos Jr *et al.*, 2004). Estes, são fornecidos num sistema de duas pastas: uma base, que contem canforoquinona, amina alifática e amina aromática terciária e um catalisador que contem peróxido de benzoílo (Komori *et al.*, 2010). Os cimentos de dupla polimerização são utilizados na cimentação de inlays, onlays e coroas cerâmicas (El-Mowafy *et al.*, 1999; Santos Jr *et al.*, 2009).

A dupla polimerização tem sido amplamente estudada, revelando que a fotoactivação nestes cimentos traduz-se numa melhoria das propriedades mecânicas e redução do desgaste do próprio cimento (Santos Jr *et al.*, 2009), revelando uma dureza inferior quando esta era omitida (Lu *et al.*, 2005).

A medição da dureza é utilizada como um método fiável e simples para medir o grau de conversão de cimentos resinosos, sendo que este está dependente da energia administrada pela unidade fotopolimerizadora (Tango *et al.*, 2007).

### **1.3 Unidade Fotopolimerizadora de Luz LED:**

A utilização de LED foi inicialmente sugerida como método alternativo de fotopolimerização em 1995 (Aravamudhan *et al.*, 2006). Estas unidades de luz são recomendadas por utilizarem menos energia e possuírem uma durabilidade superior às unidades de luz convencionais. Estas, apresentam um espectro de luz mais reduzido (Tsai *et al.*, 2004) e um pico de intensidade que ronda os 468 nm que coincide com a máxima absorção da canforoquinona (Correr *et al.*, 2005). Sabemos ainda que para a activação deste iniciador é requerida uma energia mínima de  $300 \text{ mW/cm}^2$  (Filipov & Vladimirov, 2006). Adicionalmente, as unidades de luz LED não produzem aquecimento significativo, pelo que a ventoinha é dispensável, com consequente ausência de ruído e menor consumo de energia (Tsai *et al.*, 2004).

### **1.4 Translucidez das Cerâmicas:**

Vários autores revelaram que o tipo de cerâmica (Blackman *et al.*, 1990), a sua espessura (Brodbelt *et al.*, 1980) e cor (Piva *et al.*, 2008) promovem um efeito de



atenuação da luz afectando consequentemente a eficácia da polimerização (Moraes *et al.*, 2008).

Tango *et al.* (2007) apontaram a composição da cerâmica como factor preponderante na dureza do cimento resinoso. Myers *et al.* (1994) revelaram que quanto mais escuro o tom da cerâmica, mais crítica se torna uma óptima fotopolimerização do material. Estudos prévios relacionaram valores reduzidos de dureza com baixo grau de conversão (Ferracane, 1985; Moraes *et al.*, 2008).

A análise visual de cor é subjectiva (Lehmann *et al.*, 2010) e inconsistente (Wee *et al.*, 2002) sendo sugeridos métodos instrumentais para a medição de translucidez visto estes concedem dados objectivos e quantificáveis (Lee *et al.*, 2010). Estes métodos instrumentais incluem os espectrofotómetros, espectroradiómetros (Lim *et al.*, 2010), colorímetros (Chu *et al.*, 2010), radiómetros (Rasetto *et al.*, 2004) entre outros.

O impacto da restauração sobre a quantidade de luz transmitida é ainda hoje tema de discussão. Não reunindo consensos, a transmissão de luz através dos materiais cerâmicos deverá ser objecto de estudos mais aprofundados (Moraes *et al.*, 2008).

Este estudo pretende avaliar o impacto da cerâmica de zircónia na polimerização de um cimento de resina de fotopolimerização.



## 2. Objectivos

1. Estudar o efeito da marca da cerâmica de zircónia na microdureza de um cimento de resina fotopolimerizado através da mesma, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A marca de cerâmica de zircónia não influencia significativamente a microdureza do cimento de resina.

H1: A marca de cerâmica de zircónia influencia significativamente a microdureza do cimento de resina.

2. Estudar o efeito da marca da cerâmica de zircónia na transmissão de luz, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A marca de cerâmica de zircónia não influencia significativamente a transmissão de luz.

H1: A marca de cerâmica de zircónia influencia significativamente a transmissão de luz.

3. Estudar o efeito da pigmentação da cerâmica de zircónia na microdureza de um cimento de resina fotopolimerizado através da mesma, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A pigmentação da cerâmica de zircónia não influencia significativamente a microdureza do cimento de resina.

H1: A pigmentação da cerâmica de zircónia influencia significativamente a microdureza do cimento de resina.

4. Estudar o efeito da pigmentação da cerâmica de zircónia na transmissão de luz, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A pigmentação da cerâmica de zircónia não influencia significativamente a transmissão de luz.

H1: A pigmentação da cerâmica de zircónia influencia significativamente a transmissão de luz.



### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Delineamento Experimental

O estudo foi realizado no laboratório de Biomateriais da FMDUL. Foram preparadas amostras de cimento de resina fotopolimerizável mediante a polimerização indirecta através de discos de cerâmica. Todas as amostras foram fotopolimerizadas com um aparelho de luz LED, sendo a ponta do fotopolimerizador aplicada directamente sobre a cerâmica. A microdureza foi avaliada imediatamente após a fotopolimerização das amostras. Foi também avaliada a translucidez das cerâmicas através do uso de radiómetro e espectrofotómetro (este realizado no Instituto Superior Técnico). Os dados foram analisados estatisticamente com software SPSS para Windows versão 17.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

#### 3.2 Material Utilizado

No presente estudo foram utilizados:

- a) Nove amostras de cerâmica zircónia (Figura 1 e Tabela 1).

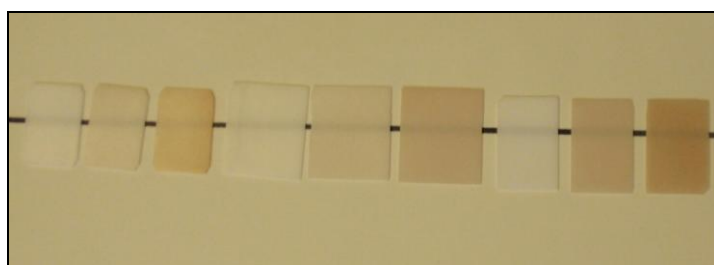


Figura 1 – Amostras de cerâmica utilizadas no presente estudo. Da esquerda para a direita: Lava sem pigmentação; Lava A1; Lava A4; Zirkonzahn Prettau sem pigmentação; Zirkonzahn Prettau A1; Zirkonzahn Prettau A4; Zirkonzahn sem pigmentação; Zirkonzahn A1 e Zirkonzahn A4.



<b>Cerâmica</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Cor</b>	<b>Lote</b>	<b>Validade</b>
<b>Lava</b>	3M ESPE (Seefeld, Germany)	s/pigmentação	392508	2012-11
		A1	392508	2012-11
		A4	392508	2012-11
<b>Zirconia Traslucent</b>	Zirkonzahn (Ahrntal, Italy)	s/pigmentação	ZA9112E	2010 -12
		A1	ZA9112E	2010 -12
		A4	ZA9112E	2010 -12
<b>Zirconia Prettau</b>	Zirkonzahn (Ahrntal, Italy)	s/pigmentação	ZA849A	2010 -12
		A1	ZA849A	2010 -12
		A4	ZA849A	2010 -12

Tabela 1 - Dados das amostras cerâmicas utilizadas no presente estudo.

- b) Um cimento de resina fotopolimerizável (Figura 2 e Tabela 2).



Figura 2 – Cimento de resina fotopolimerizável utilizado no presente estudo.

<b>Cimento</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Cor</b>	<b>Lote</b>	<b>Validade</b>
<b>Variolink II Base</b>	Ivoclar Vivadent (Liechtenstein, Germany)	Transparente	N16777	2012-09

Tabela 2 – Dados do cimento fotopolimerizável utilizado no presente estudo.

- c) Uma unidade fotopolimerizadora de luz LED (Figura 3 e Tabela 3).



Figura 3 – Unidade fotopolimerizadora de luz LED utilizada no presente estudo





Luz Fotopolimerizadora LED	Fabricante	Nº Série
Bluephase 20i	Ivoclar Vivadent (Liechtenstein, Germany)	501974

Tabela 3 – Dados da unidade fotopolimerizadora de luz LED utilizada neste estudo.

d) Um radiómetro (Figura 4 e Tabela 4).

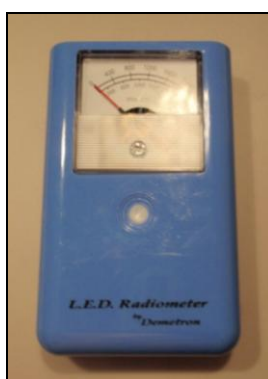


Figura 4 – Radiómetro utilizado no presente estudo.

Radiómetro	Fabricante	NºSérie
LED Demetron	Kerr (Danbury, USA)	79300882

Tabela 4 - Dados do radiómetro utilizado neste estudo.

e) Um espectrofotómetro (Figura 5 e Tabela 5), com conexão directa a um computador.



Figura 5 – Espectrofotómetro utilizado no estudo com conexão directa ao computador.



Espectrofotómetro	Fabricante	NºSérie
Helios Alpha 4.6	Thermo Electron Corporation (Cambridge, England)	133616

Tabela 5 – Dados do espectrofotómetro utilizado neste estudo.

f) Um microdurómetro (Figura 6 e Tabela 6).



Figura 6 – Microdurómetro utilizado no estudo.

Microdurómetro	Fabricante	NºSérie
Duramin	Struers DK2750 (Ballerup Denmark)	5655187

Tabela 6 - Dados do microdurómetro utilizado neste estudo.

g) Uma superfície dentária fixada num molde de acrílico (Figura 7).



Figura 7 - Superfície dentária fixada num molde de acrílico utilizada no presente estudo.



### 3.3 Preparação Superfície Dentária

Todas as amostras de cimento foram polimerizadas sobre uma superfície de dentina de um molar de modo a mimetizar a reflexão de luz em condições clínicas (Figura 7).

Previamente à preparação das amostras, foi introduzido um dente molar em acrílico transparente com as dimensões 3x3 cm. Depois do acrílico ter polimerizado o bloco foi cortado de modo a ter a superfície dentinária exposta na zona média do dente.

### 3.4 Preparação das Amostras

#### 3.4.1 Amostras de Cerâmica

Foram preparadas amostras de cerâmica das marcas Lava (3M ESPE, Seefeld, Germany), Zirconia Traslucet (Zirkonzahn, Ahrntal, Italy) e Prettau Zirconia (Zirkonzahn, Ahrntal, Italy), a partir de blocos das marcas referidas (Figura 8). Para tal, foi utilizada uma lâmina diamantada de 0,5 mm e com corte de elevada precisão (Isomet 1000, BUEHLER, Düsseldorf, Germany)(Figura 9).



Figura 8 – Bloco de cerâmica Lava, antes da preparação das amostras.

Foram realizados os cortes nos blocos de cerâmica obtendo-se discos com espessura aproximada de 0,8 mm. Estes discos foram posteriormente polidos com lixas de grão progressivamente mais fino (de 600 a 200) até se obterem discos de zircónia de 0,75 mm. Estes discos foram seguidamente entregues aos respectivos laboratórios (Laboratório Gito – Lava – e Dental Replica – Zirkonzahn) onde foi



efectuada a pigmentação dos discos (A1 e A4) e posterior sinterização. A imersão em líquidos com iões de coloração foi efectuada antes da sinterização, quando a cerâmica ainda se encontra porosa. Os iões são incorporados na cerâmica na fase final da sinterização. A sinterização foi efectuada num forno de elevada temperatura, a cerca de 1500°C. Durante este procedimento a zircónia contrai 20 a 25%, pelo que no final as amostras obtidas tinham a espessura de 0,6 mm.

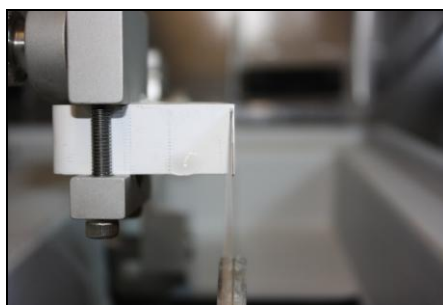


Figura 9 - Lâmina diamantada de 0,5 mm usada no corte de elevada precisão na confecção das amostras do presente estudo.

### 3.4.2 Amostras de Cimento de Resina

Todas as amostras de cimento foram polimerizadas sobre uma superfície de dentina de um molar, previamente realizada (Figura 7).

Sobre a superfície dentária foi colocada uma película de papel de acetato e sobre esta um suporte com um orifício de 0,5 mm de diâmetro e uma espessura de 100 µm, onde se inseriu o cimento. Foi colocada outra película de papel de acetato sobre o cimento, e por cima desta foi colocada a amostra de cerâmica. A amostra de cerâmica foi digitalmente comprimida contra o cimento fazendo fluir os excessos do mesmo, originando uma espessura de cimento de aproximadamente 100 µm. De seguida foi efectuada a activação luminosa durante 10 segundos sendo a ponta da unidade de luz colocada em contacto directo com a amostra de cerâmica (Figura 10).



Figura 10 – Polimerização do cimento de um cimento de resina subjacente a uma amostra de cerâmica.

A activação luminosa do cimento foi efectuada com uma unidade fotopolimerizadora de luz LED Bluephase 20i durante 10 segundos (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Germany) recorrendo à intensidade turbo. Previamente à realização das amostras a intensidade do fotopolimerizador foi testada com um radiómetro LED Demetron (Kerr, Danbury, USA). Verificou-se que a intensidade turbo estava associada a um valor de  $1600 \text{ mW/cm}^2$ . O espectro de emissão desta unidade fotopolimerizadora situa-se entre os 380 e os 515 nm, segundo informação cedida pelo fabricante.

### 3.5 Medição da Transmissão de Luz

#### 3.5.1 Com Radiómetro

A avaliação da intensidade de luz fotopolimerizadora que passa através das cerâmicas foi efectuada através da utilização de um radiómetro LED Demetron (Kerr, Nº série 79300882, Danbury, USA). Sobre o sensor de leitura do radiómetro foi colocada uma lamela de vidro. Todas as medições foram realizadas sobre esta lamela de forma a padronizar a distância ao sensor de leitura.

Inicialmente foi realizada a avaliação da intensidade do fotopolimerizador aplicando a ponta deste em contacto directo com a lamela de vidro, sendo registada a intensidade de  $1150 \text{ nW/cm}^2$  na potência turbo. Cada uma das amostras de cerâmica foi colocada sobre a lamela e sobre esta foi aplicado a ponta do



fotopolimerizador. Seguidamente o fotopolimerizador foi activado na potência turbo durante 5 segundos e o valor mais elevado obtido pelo radiómetro foi registado (Figura 11). Em cada grupo foram feitas 5 medições.



Figura 11 – Medição da intensidade de luz transmitida através de uma cerâmica de zircónia, com auxílio de um radiómetro.

### 3.5.2 Por Espectrofotometria

Os valores de transmitância das cerâmicas de zircónia foram obtidos com recurso a um espectrofotómetro Helios Alpha (Thermo Electron Corporation, Cambridge, England), utilizando comprimentos de onda entre os 300 e os 700 nm do espectro luz visível e ultravioleta (UV-Vis). Um rectângulo preto segmentado com as dimensões 4x4 cm e com um orifício central de 10 mm de diâmetro foi utilizado para posicionar correctamente as amostras de cerâmica.

Os dados foram recolhidos com o computador com conexão directa ao espectrofotómetro, sendo desenhado um gráfico de transmitância de luz através da utilização do software VISIONpro (Cognex Corporation, Natick, USA).

## 3.6 Medição da Microdureza

Imediatamente após a fotopolimerização, o suporte de acetato com a amostra de cimento foi colocado na plataforma do aparelho de leitura Duramin (Struers DK2750, Ballerup, Denmark). Foram efectuadas 5 indentações aleatórias aplicando uma carga de 98,12 mN durante 10 segundos. A microdureza Vickers ( $\text{Kg/mm}^2$ ) foi calculada com base na medição das indentações obtidas (Figura 12), sendo este passo realizado por um



único operador (**Anexo 1**). O procedimento descrito foi efectuado de forma semelhante para cada amostra de cerâmica.

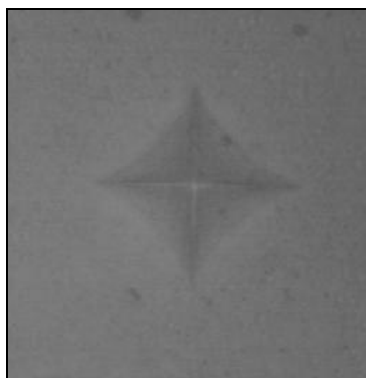


Figura 12 – Indentação no cimento resinoso, fotopolimerizado através da amostra cerâmica Zirkonzahn A4.

### 3.7 Análise Estatística

Os dados foram analisados estatisticamente com software SPSS para Windows, versão 17.0 (SPSS Inc., Chicago, USA). Em todos os testes estatísticos foi considerado o nível de significância de 5%.

Foi efectuada a estatística descritiva dos valores de microdureza. Para cada grupo experimental foi calculada a média, mediana, desvio padrão e valores máximo e mínimo (**Anexo 2**).

Para seleccionar os testes estatísticos mais indicados foi testada a normalidade e a homocedasticidade da amostra para a variável “microdureza”.

A normalidade foi avaliada com o teste Shapiro-Wilk, indicado para amostras  $<50$ . O nível de significância obtido ( $p>0,05$ ) permitiu aceitar a hipótese nula da distribuição das amostras ser normal (**Anexo 3**).

A homocedasticidade foi avaliada com o teste Levene. O nível de significância obtido ( $p<0,05$ ) permitiu rejeitar a hipótese nula da homogeneidade de variância. Desta forma não estavam reunidas as condições para realizar testes paramétricos, sendo aplicado o teste não paramétrico Kruskal Wallis (**Anexo 4**).

Este teste permitiu concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre dois ou mais grupos ( $p<0,05$ ), sendo indicado realizar o teste de comparação *post-hoc* LSD à ordem da variável dependente. Desta forma identificaram-se os grupos que diferem dos restantes (**Anexo 5**).



## 4. Resultados

### 4.1 Microdureza

#### 4.1.1 Estatística Descritiva

Os resultados obtidos de microdureza Vickers para as diferentes amostras cerâmicas (**Anexo 1**) foram analisados estatisticamente.

A estatística descritiva relativa à microdureza Vickers obtida pelo cimento resinoso nas diversas amostras cerâmicas está descrita na tabela 7 e figura 13 (**Anexo 2**). Na tabela 7 são apresentados valor médio, mediana, desvio padrão e os valores mínimo e máximo.

Tipo Cerâmica	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Min	Max
Lava	5	10,66	10,10	3,08	7,6	15,7
Lava A1	5	4,86	4,80	0,40	4,3	5,4
Lava A4	5	10,02	10,20	0,67	9,0	10,8
Zirkonzahn	5	8,48	8,70	1,26	6,4	9,6
Zirkonzahn A1	5	7,72	7,60	0,48	7,3	8,5
Zirkonzahn A4	5	8,40	8,50	0,53	7,7	9,1
Prettau	5	12,44	13,40	1,99	10,0	14,3
Prettau A1	5	6,46	6,30	0,45	5,9	7,1
Prettau A4	5	7,32	7,40	0,37	6,7	7,6

Tabela 7- Análise descritiva dos valores de microdureza, medidos em Kg/mm<sup>2</sup>, para as diferentes amostras de cimento de resina fotopolimerizável.

O valor médio de microdureza Vickers situou-se entre os 4,86 Kg/mm<sup>2</sup> obtida no grupo Lava A1 e 12,44 Kg/mm<sup>2</sup>, obtida no grupo Prettau.

A amostra de cimento que atingiu o valor mais elevado foi polimerizada através da cerâmica Lava, com 15,7 Kg/mm<sup>2</sup>, e o valor mais baixo foi obtido na polimerização através da Lava A1, com 4,3 Kg/mm<sup>2</sup>.



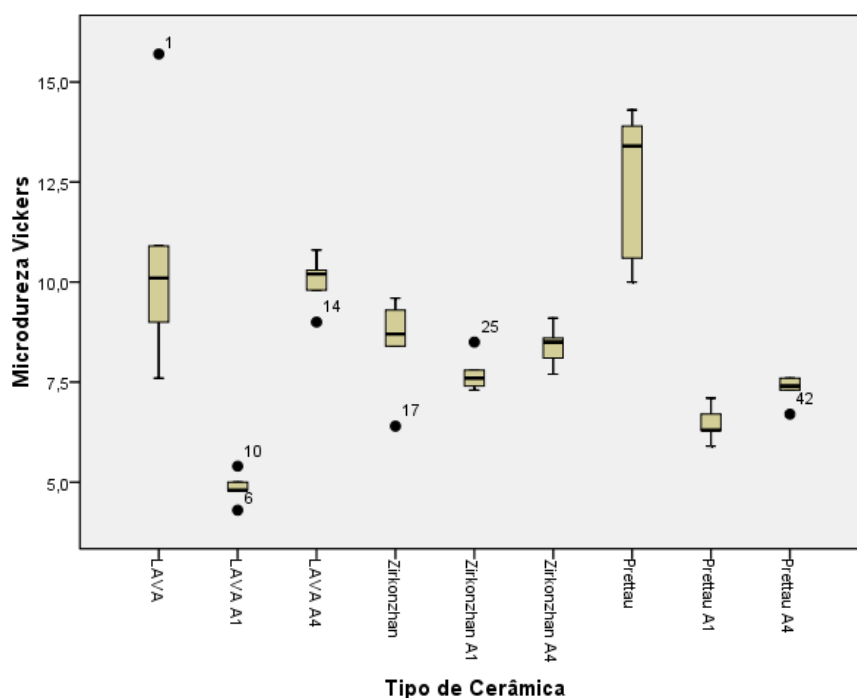


Figura 13 – Valores de mediana, quartis, outliers, mínimo e máximo medidos em Kg/mm<sup>2</sup>, relativamente à microdureza Vickers (VHN) atingida pelas amostras de cimento de resina, polimerizadas sob as diferentes cerâmicas.

#### 4.1.2 Inferência Estatística

Tipo Cerâmica Testada /Significância	Lava	Lava A1	Lava A4	Zirkonzahn	Zirkonzahn A1	Zirkonzahn A4	Prettau	Prettau A1	Prettau A4
Lava	-	0,000	0,640	0,020	0,000	0,024	0,075	0,000	0,000
Lava A1	0,000	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,122	0,002
Lava A4	0,640	0,000	-	0,006	0,000	0,008	0,182	0,000	0,000
Zirkonzahn	0,020	0,000	0,006	-	0,094	0,934	0,000	0,000	0,009
Zirkonzahn A1	0,000	0,000	0,000	0,094	-	0,079	0,000	0,007	0,311
Zirkonzahn A4	0,024	0,000	0,008	0,934	0,079	-	0,000	0,000	0,008
Prettau	0,075	0,000	0,182	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
Prettau A1	0,000	0,122	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	-	0,075
Prettau A4	0,000	0,002	0,000	0,009	0,311	0,008	0,000	0,075	-

Tabela 8 – Resultados dos testes *post-hoc* LSD para as diferentes amostras de cimento de resina.



A inferência estatística relativa à microdureza Vickers obtida pelo cimento resinoso nas diversas amostras cerâmicas está descrita na tabela 8.

Os resultados obtidos ao nível das amostras não pigmentadas revelaram que a polimerização do cimento de resina medido através da cerâmica Lava era superior à polimerização através da cerâmica Zirkonzahn ( $p=0,020$ ). A polimerização através da Zirkonzahn era inferior à polimerização através da Prettau ( $p=0,000$ ). Por sua vez, a polimerização através da cerâmica Lava não se mostrou estatisticamente diferente da polimerização obtida através da cerâmica Prettau ( $p=0,075$ ).

Ao nível das cerâmicas pigmentadas em A1, a polimerização do cimento de resina medido através da Lava A1 era inferior à polimerização através da Zirkonzahn A1 ( $p=0,000$ ). No entanto, a polimerização através da cerâmica Zirkonzahn A1 era superior à polimerização através da cerâmica Prettau A1 ( $p=0,007$ ). A polimerização do cimento de resina através da cerâmica Lava A1 não era estatisticamente diferente da polimerização através da Prettau A1 ( $p=0,112$ ).

Na pigmentação em A4, os resultados demonstraram que a polimerização através da Lava A4 era superior à Zirkonzahn A4 ( $p=0,008$ ) que por sua vez era superior à Prettau A4 ( $p=0,008$ ).

Os resultados obtidos na comparação entre cerâmicas da marca Lava, permitiram verificar que a polimerização do cimento de resina medido através da cerâmica Lava não pigmentada era superior à polimerização através da cerâmica Lava pigmentada em A1 ( $p=0,000$ ). A polimerização através da Lava A1 era inferior à polimerização através da Lava A4 ( $p=0,000$ ). A polimerização através da cerâmica Lava não pigmentada não se mostrou estatisticamente diferente da polimerização obtida através da cerâmica Lava A4 ( $p=0,640$ ).

Os resultados das cerâmicas Zirkonzahn permitiram verificar que a dureza do cimento resinoso alcançada através da cerâmica Zirkonzahn não pigmentada não era estatisticamente diferente da polimerização através da Zirkonzahn A1 ( $p=0,094$ ) ou da Zirkonzahn A4 ( $p=0,934$ ).

Ao nível das cerâmicas Prettau, verificou-se que a polimerização através da Prettau A1 não se mostrou estatisticamente diferente da polimerização obtida através da cerâmica Prettau A4 ( $p=0,075$ ). No entanto, a polimerização do cimento de resina



medido através da cerâmica Prettau não pigmentada revelou ser superior tanto à Prettau pigmentada de A1 ( $p=0,000$ ) como à pigmentada de A4 ( $p=0,000$ ).

## 4.2 Transmissão de Luz

### 4.2.1 Com Radiômetro

#### 4.2.1.1 Estatística Descritiva

Os resultados de intensidade de transmissão de luz obtidos radiometricamente através das diferentes amostras cerâmicas foram analisados (**Anexo 6**).

A estatística descritiva relativa à transmissão de luz obtida através das diferentes amostras cerâmicas está descrita na tabela 9 e figura 14. Na tabela 9 e figura 14 são apresentados os valores médios de transmissão de luz para as diferentes amostras cerâmicas.

Tipo Cerâmica	N	Média (mW/cm <sup>2</sup> )
Lava	5	400
Lava A1	5	320
Lava A4	5	190
Zirkonzahn	5	400
Zirkonzahn A1	5	210
Zirkonzahn A4	5	100
Prettau	5	400
Prettau A1	5	320
Prettau A4	5	250

Tabela 9 – Resultados obtidos pela análise radiométrica em mW/cm<sup>2</sup> de transmissão de luz das amostras cerâmicas.



O valor médio de transmissão de luz obteve valores entre os 100 mW/cm<sup>2</sup> obtida no grupo Zirkonzahn A4 e os 400 mW/cm<sup>2</sup>, obtida nos grupos Lava, Zirkonzahn e Prettau não pigmentada.

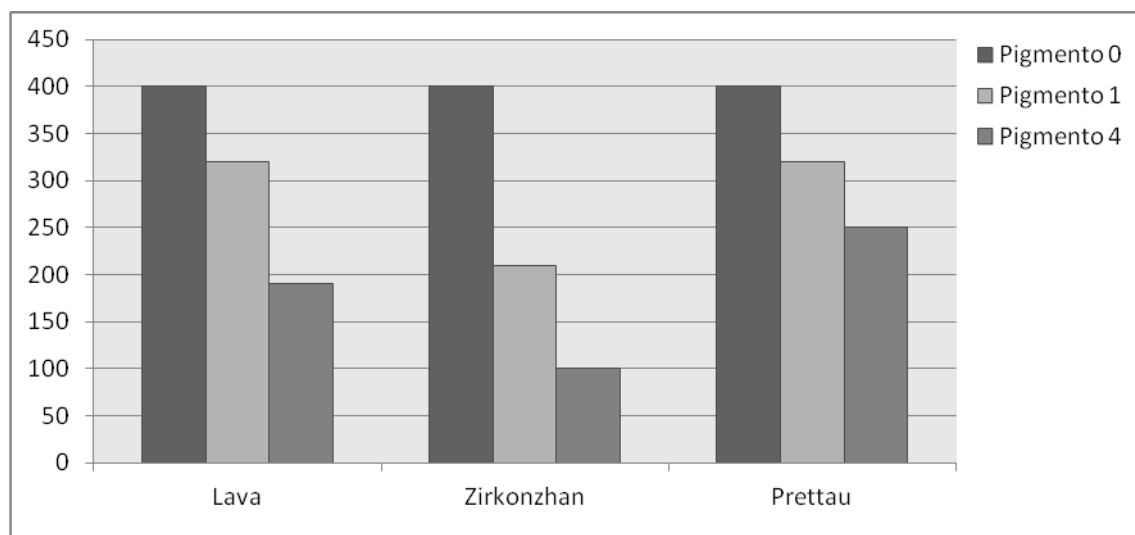


Figura 14 – Medição radiométrica da transmissão de luz, em mW/cm<sup>2</sup>, nas diferentes amostras cerâmicas.

#### 4.2.1.2 Inferência Estatística

Os resultados permitiram inferir que para todas as marcas analisadas, o aumento da pigmentação acarretou uma diminuição da transmissão de luz.

A transmissão de luz nas amostras sem pigmentação Lava, Zirkonzahn e Prettau era idêntica (400 mW/cm<sup>2</sup>).

A cerâmica Lava A1 apresentava transmissão de luz similar à Prettau A1 (320 mW/cm<sup>2</sup>). A cerâmica Zirkonzahn pigmentada de A1 apresentava transmissão de luz inferior às supra mencionadas (210 mW/cm<sup>2</sup>).

Ao nível do pigmento A4, a cerâmica Prettau demonstrou maior transmissão de luz que as outras amostras (250 mW/cm<sup>2</sup>). A cerâmica Zirkonzahn A4 foi a que apresentou pior transmissão de luz (100 mW/cm<sup>2</sup>).

A variabilidade observada entre as cinco diferentes amostras de cada grupo foi desprezível, não sendo por isso possível aplicar testes estatísticos.



## 4.2.2 Com Espectrofotômetro

### 4.2.2.1 Estatística Descritiva

A estatística descritiva relativa à transmitância de luz obtida através das diferentes amostras cerâmicas está descrita nas figuras 15,16 e 17.

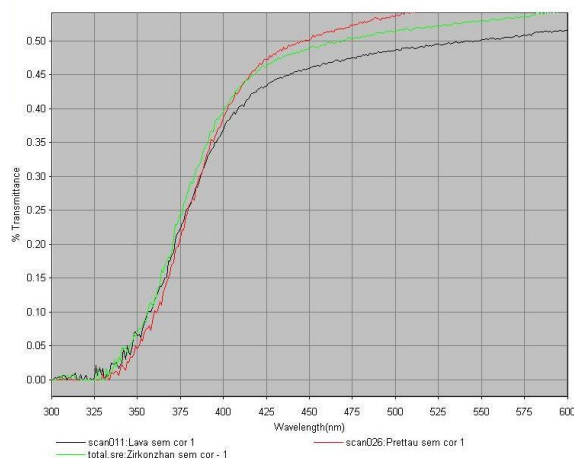


Figura 15 – Transmitância do espectro de luz visível e ultravioleta (UV-Vis) através das cerâmicas analisadas não pigmentadas.

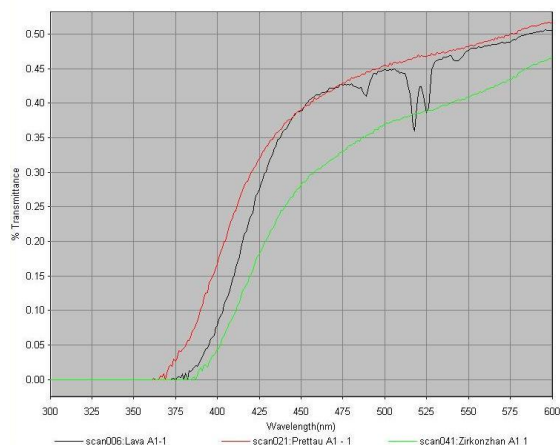


Figura 16 – Transmitância do espectro de luz visível e ultravioleta (UV-Vis) através das cerâmicas analisadas com pigmentação A1.

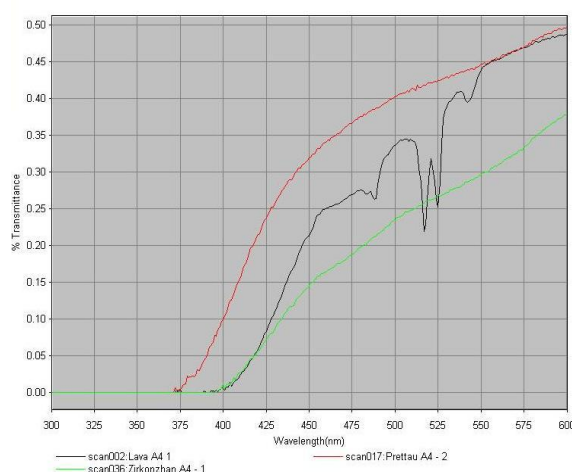


Figura 17 – Transmitância do espectro de luz visível e ultravioleta (UV-Vis) através das cerâmicas analisadas com pigmentação A4.

Os resultados permitiram verificar ao nível das amostras cerâmicas sem pigmentação que a transmitância através da Prettau era superior à Zirkonzahn, que por sua vez era superior à cerâmica Lava.

Os resultados das cerâmicas pigmentadas em A1 demonstram que a transmitância através da Prettau era superior à da Lava, que por sua vez era superior à Zirkonzahn.

Ao nível das cerâmicas pigmentadas em A4, os resultados permitiram verificar que a transmitância através da Prettau era superior à da Lava, que por sua vez era superior à Zirkonzahn.



## 5. Discussão

### 5.1 Protocolo Experimental

Neste estudo avaliou-se o impacto da cerâmica de zircónia na polimerização de um cimento de resina de fotopolimerização. Para tal recorreu-se à determinação da microdureza do cimento resinoso e à análise espectrofotométrica e radiométrica da translucidez das amostras cerâmicas.

O sucesso clínico das restaurações cerâmicas requer cimentos resinosos de elevada resistência e espessura fina (Rasetto *et al.*, 2004), sendo a sua completa polimerização fundamental para a longevidade da restauração (El-Badrawy & El-Mowafy, 1995; Hofmann *et al.*, 2001).

A medição da microdureza dos cimentos de resina demonstrou ser uma boa opção para avaliar o grau de conversão (Tango *et al.*, 2007) e consequentemente a eficácia da polimerização (Cardash *et al.*, 1993). Tradicionalmente, quanto maior for a dureza atingida durante a polimerização, maior o grau de conversão de monómero (Santos Jr *et al.*, 2004; Correr *et al.*, 2005). Tal como em outros estudos (Wagner & Chu, 1996; Mehl *et al.*, 1997; Hofmann *et al.*, 2001; Tsai *et al.*, 2004; Koch *et al.*, 2007; Ilie & Hickel, 2008), a medição da microdureza tornou possível a comparação do grau de polimerização das diferentes combinações cimento/cerâmica.

No presente estudo, compararam-se amostras de zircónia de diferentes fornecedores com várias tonalidades. A pertinência desta investigação reside na variabilidade de translucidez patente entre os diferentes sistemas existentes (Kelly *et al.*, 1996).

Sabendo que o cimento de resina Variolink II é comercializado num sistema de duas pastas – base e catalisador –, os fabricantes recomendam a utilização exclusiva da base para a fotoactivação em sítios onde a atenuação da luz fotopolimerizadora não constitua um problema, nomeadamente a cimentação de facetas (Hofmann *et al.*, 2001). A reacção química entre base e catalisador ocorre quando ambos são misturados e também quando são fotoactivados (El-Badrawy & El-Mowafy, 1995). No presente estudo, apenas a base foi utilizada para avaliar a parte do cimento de resina que é



polimerizado exclusivamente pela activação luminosa, sem interferências da polimerização química. A importância desta avaliação laboratorial reside no facto de a maioria dos estudos com cimentos dual citarem que o componente de activação química por si só não obtém uma adequada polimerização. Há cimentos dual que na ausência de fotopolimerização se mantêm não polimerizados após 24 horas. A razão desta fraca polimerização química pendente-se com o facto se conseguir ter um cimento com as vantagens de uma polimerização química sem diminuir o tempo de trabalho (Hofmann *et al.*, 2001), o que se pode traduzir numa dificuldade acrescida em cimentar uma restauração devido à presa já se ter iniciado antes da colocação da restauração em boca.

O grau de conversão numa reacção de polimerização está dependente da energia transmitida durante a mesma (Tango *et al.*, 2007), caracterizada pelo produto da intensidade da luz pelo tempo de exposição (Nomoto *et al.*, 1994). A polimerização através da cerâmica, acarreta que uma parte substancial da luz seja perdida em fenómenos de absorção e reflexão pelo que se justificam unidades fotopolimerizadoras com altos valores de intensidade de luz (Ilie & Hickel, 2008). Tal como Rasetto *et al.* (2004), a fotopolimerização foi efectuada na intensidade máxima da unidade fotopolimerizadora de luz LED. A ponta da unidade fotopolimerizadora foi aplicada directamente sobre as amostras de cerâmica de modo a que o máximo de energia atingisse o cimento (Ilie & Hickel, 2008), tendo sido semelhante procedimento utilizado em outros estudos (Koch *et al.*, 2007; Ilie & Hickel, 2008; Moraes *et al.*, 2008; Komori *et al.*, 2010). À semelhança de estudos anteriores (Rasetto *et al.*, 2004; Correr *et al.*, 2005; Lu *et al.*, 2005; Filipov & Vladimirov, 2006; Lee *et al.*, 2008; Piva *et al.*, 2008), a intensidade desta luz foi verificada com o auxílio de um radiómetro, previamente à polimerização das amostras.

Poucos estudos se têm realizado no âmbito da análise das características da cerâmica e sua relação com a atenuação da luz fotopolimerizadora. Sabendo que quanto maior a quantidade de luz transmitida pela amostra cerâmica, maior a translucidez (Baldissara *et al.*, 2010), a análise desta foi efectuada com radiómetro, preconizado previamente por Rasetto *et al.* (2004) e espectrofotometria, igualmente utilizada em estudos prévios (Barath *et al.*, 2003; Ahn *et al.*, 2008; Dias *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2009; Johnston *et al.*, 2009; Lim *et al.*, 2010).





## 5.2 Microdureza

Os resultados do presente estudo permitiram verificar que o grau de conversão atingido pelo cimento de resina é afectado pela marca de cerâmica de zircónia. Semelhante conclusão foi obtida por Blackman *et al.* (1990).

Ao nível das cerâmicas sem cor, verificou-se que a que atingia piores resultados ao nível da polimerização do cimento de resina era a Zirkonzahn. A análise dos resultados permitiu ainda verificar que não existe superioridade da Prettau em relação à cerâmica Lava. Estes resultados permitiram concluir que apesar da cerâmica Prettau ser publicitada pelo fabricante como “supertranslúcida” e como tal, potencialmente vantajosa no aumento da polimerização do cimento de resina, não demonstrou uma superioridade significativa face às outras cerâmicas testadas.

A pigmentação das cerâmicas demonstrou afectar, negativamente, a microdureza do cimento de resina excepto para as cerâmicas da marca Zirkonzahn e para a cerâmica Lava A4 que não obteve resultados estatisticamente inferiores à Lava sem pigmentação. Os resultados das cerâmicas Zirkonzahn demonstram que é indiferente polimerizar através de uma amostra não pigmentada ou pigmentada em A1 ou A4. Apesar das amostras não pigmentadas permitirem uma maior transmissão de luz, esta pode não resultar numa maior dureza do cimento, podendo ponderar-se a utilização de cerâmicas mais opacas sem prejuízo da adesão da restauração. Sabendo que a cor da infraestrutura cerâmica irá mascarar a cor da estrutura dentária subjacente, esta deverá inequivocamente ser considerada (Li *et al.*, 2009), podendo ponderar-se a escolha de uma cerâmica mais escura sem afectar negativamente a adesão.

Por outro lado, a inexistência de resultados estatisticamente diferentes entre a Lava e a Lava A4, fazendo com que a última alcance resultados superiores de microdureza do cimento resinoso à Lava pigmentada em A1, poderá ser devida a erros durante o processo de pigmentação, não ficando esta uniforme, permitindo em certas zonas maior transmissão de luz. Não sabendo precisar a razão destes resultados, seria pertinente uma futura investigação.



Relativamente às cerâmicas pigmentadas em A1, os resultados demonstraram que a que atingiu maior dureza do cimento de resina era a Zirkozahn. Não foram observadas diferenças entre a utilização de uma Lava A1 ou Prettau A1. A análise das cerâmicas A4 permitiu observar que a Lava A4 obteve melhores resultados em termos de dureza do cimento resinoso. A Prettau A4 foi a que atingiu piores resultados ao nível da mesma pigmentação. Estes resultados demonstram novamente que a “supertranslucidez” descrita pelo fornecedor, não se traduz em melhores resultados de microdureza do cimento resinoso.

A existência de resultados de dureza sem diferença estatística entre diferentes cerâmicas, nomeadamente ao nível da Lava e Prettau sem pigmentação e da Lava e Prettau pigmentadas em A1, poderá ser explicada pelo facto das cerâmicas testadas terem todas a mesma composição química, o que faz com que estruturalmente sejam muito parecidas dando origem a resultados semelhantes

Neste estudo foram portanto obtidos resultados de acordo com estudos anteriores que preconizavam que o aumento da opacidade influenciava significativamente a dureza do cimento de resina fotopolimerizável (Chan & Boyer, 1989; Cardash *et al.*, 1993) e consequentemente o grau de polimerização do mesmo (Peixoto *et al.*, 2007; Ilie & Hickel, 2008).

### **5.3 Transmissão de Luz**

Os resultados do presente estudo permitiram verificar que quer segundo a avaliação espectrofotométrica quer radiométrica a marca e a pigmentação da cerâmica influencia a transmissão de luz.

O aumento da pigmentação conduz a uma menor translucidez das amostras (Barath *et al.*, 2003; Peixoto *et al.*, 2007). À semelhança de outros estudos, a redução de translucidez reflectiu-se numa diminuição de transmissão de luz (Peixoto *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2009). Esta redução da transmissão de luz com a redução da translucidez está patente tanto na avaliação radiométrica como na espectrofotométrica das amostras testadas.



Na avaliação radiométrica das diferentes marcas analisadas verificou-se que tanto a Lava, como a Zirkonzahn ou a Prettau nas amostras sem pigmentação, apresentavam similar transmissão de luz, pelo que novamente não foram obtidos resultados que suportem a “supertranslucidez” da Prettau publicitada pelo fabricante da mesma. Contudo, notou-se que ao nível das amostras pigmentadas de A4, foi a Prettau que apresentou maior transmissão de luz, demonstrando ser mais translúcida que as outras amostras A4. Ao nível da pigmentação A1, verificou-se que a Lava apresentava resultados semelhantes à Prettau, mas a Zirkonzahn apresentava valores abaixo destes.

A análise espectrofotométrica das amostras demonstrou maior transmitância de luz em todas as amostras Prettau em relação às outras marcas testadas, independentemente da pigmentação, resultados estes que suportam a “supertranslucidez” publicitada pelo fabricante.

As diferenças registadas na transmissão de luz entre as diferentes marcas com a mesma designação de pigmentação, reflectem o problema mencionado por *Cardash et al.* (1993), ou seja, que não há conexão clara entre as tonalidades e as qualidades ópticas. Assim, uma determinada pigmentação não acarreta necessariamente igual transmissão de luz entre diferentes marcas.

As diferenças de transmissão de luz registadas ao nível do marca de cerâmica podem estar associadas a diferenças ténues ao nível da estrutura e composição química das infraestruturas, por diferentes métodos de processamento e moagem da estrutura cristalina da cerâmica (*Baldissara et al.*, 2010) que podem traduzir-se em diferentes características ópticas. Estas diferenças potencialmente existentes podem incluir o número (*Heffernan et al.*, 2002a; *Baldissara et al.*, 2010) e dimensão de cristais na matriz cerâmica (*Heffernan et al.*, 2002a; *Ilie & Hickel*, 2008; *Baldissara et al.*, 2010), índice de refração (*Heffernan et al.*, 2002a, *Baldissara et al.*, 2010) e a presença de poros (*Ilie & Hickel*, 2008; *Baldissara et al.*, 2010), pelo que seria interessante avaliar em estudos posteriores as amostras em microscopia electrónica de modo a identificar as diferenças presentes entre as diferentes cerâmicas.

A comparação entre a análise radiométrica e a espectrofotométrica não demonstra uma concordância nos resultados. Nas amostras de cerâmica de zircónia não pigmentadas observa-se, com a análise por radiómetro, uma semelhança nos resultados



de transmissão obtidos. Contudo por espectrofotometria observam-se diferenças entre as várias cerâmicas não pigmentadas. A espectrofotometria é um processo de maior precisão e é também o mais citado na literatura (Lehmann *et al.*, 2010). A avaliação com radiómetro mostrou algumas limitações e desvantagens, como a dificuldade de leitura devido a uma escala radiométrica pequena e pouco precisa, dificultando com isso identificação e registo de pequenas diferenças.



## 6. Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo permitiram concluir que:

1. A microdureza do cimento de resina polimerizado através da cerâmica é afectada pela marca da cerâmica de zircónia. A pior polimerização do cimento foi obtida para o grupo da Zirkonzahn. Não foram verificadas diferenças entre a Lava e a Prettau.
2. A microdureza do cimento é afectada pela pigmentação da cerâmica excepto para as cerâmicas da marca Zirkonzahn e para a Lava A4 que não se provou ser estatisticamente inferior à Lava.
3. A transmissão de luz através da cerâmica medida com radiómetro não mostrou existirem diferenças entre as diferentes marcas de zircónia avaliada, contudo é afectada pela pigmentação havendo uma diminuição da transmissão de luz em todos os grupos pigmentados.
4. A transmitância, avaliada por espectrofotometria, revelou existirem diferenças em todas as marcas avaliadas sendo a cerâmica Prettau a que obteve os melhores resultados mesmo para os grupos pigmentados.



## Bibliografia

1. Ahn JS, Lee YK. Difference in the translucency of all-ceramics by the illuminant. *Dental Materials* 2008; 24: 1539-1544.
2. Anusavice KJ. Phillips, Materiais Dentários. 11ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier; 2003.
3. Aravamudhan K, Floyd CJE, Rakowski D, Flaim G, Dickens SH, Eichmiller FC. Light-emitting diode curing light irradiance and polymerization of resin-based composite. *JADA* 2006; 137: 213-223.
4. Atsu SS, Kilicarslan, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 430-436.
5. Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 127-134.
6. Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R. Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent* 2010; 104: 6-12.



7. Barath VS, Faber FJ, Westland S, Niedermeier W. Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Adv Dent Res* 2003; 17: 55-60.
8. Blackman R, Barghi N, Duke E. Influence of ceramic thickness on the polymerization of light-cured resin cement. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 295-300.
9. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 268-74.
10. Borges GA, Sophr AM, Goes MF, Sobrinho LC, Chan DCN. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 479-88.
11. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of Dental Porcelains. *J Dent Res* 1980; 59(1): 70-75.
12. Cardash HS, Baharav H, Pilo R, Ben-Amar A. The effect of porcelain color on the hardness of luting composite resin cement. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 620-623.
13. Casucci A, Osorio E, Osorio R, Monticelli F, Toledano M, Mazzitelli C, Ferrari M. Influence of different surface treatments on surface zirconia frameworks. *Journal of Dentistry* 2009; 37: 891-897.



14. Cavalcanti NA, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Y-TZP Ceramic: key concepts for clinical application. *Operative Dentistry* 2009; 34-3, 344-351.
15. Chan KC, Boyer DB. Curing light-activated composite cement through porcelain. *J Dent Rest* 1989; 68(3): 476-480.
16. Chen YM, Smales RJ, Yip KHK, Sung WJ. Translucency and biaxial flexural strength of four ceramic core materials. *Dental Materials* 2008; 24: 1506-1511.
17. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems – review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry* 2010; 38s: e2-e16.
18. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials And Systems With Clinical Recommendations: A Systematic Review. *J Prosthet Dent* 2007; 98:389-404.
19. Correr AB, Sinhoreti MAC, Sobrinho LC, Tango RN, Schneider LFJ, Consani S. Effect of the increase of energy density on knoop hardness of dental composites light-cured by conventional QTH, LED and Xenon Plasma Arc. *Braz Dent J* 2005; 16(3): 218-224.





20. D'Amario M, Campidoglio M, Morresi AL, Luciani L, Marchetti E, Bladi M. Effect of termocycling on the bond strenght between dual-cured resin cements and zirconium-oxide ceramics. *Journal of Oral Science* 2010; 52(3): 425-430.
21. Della Bona A, Kelly JR. The Clinical Success of All-Ceramic Restorations. *J Am Dent Assoc* 2008; 139: 8S-13S.
22. Dias MC, Piva E, Moraes RR, Ambrosano GMB, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. UV-Vis Spectrophotometric analysis and light irradiance through hot-pressed and hot-pressed-veneered glass ceramics. *Braz Dent J* 2008; 19(3): 197-203.
23. Donovan TE. Factors esssential for sucessful All-Ceramic Restorations. *J Am Dent Assoc* 2008; 139: 14S-18S.
24. El-Badrawy WA, El-Mowafy OM. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. *J Prosthet Dentistry* 1995; 73: 515-524.
25. El-Mowafy OM, Rubo MH, El-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Operative Dentistry* 1999; 24: 38-44.
26. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dental Materials* 1985; 1: 11-14.



27. Ferrari M, Mannocci F, Mason PN, Kugel G. In vitro leakage of resin-bonded all-porcelain crowns. *J Adhesive Dent* 1999; 1: 233-242.
28. Filipov IA, Vladimirov SB. Residual monomer in a composite resin after light-curing with different sources, light intensities and spectra of radiation. *Braz Dent J* 2006; 17: 34-38.
29. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core Materials. *J Prosthet Dent* 2002a; 88: 4-9.
30. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: Core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002b; 88: 10-15.
31. Hjerpe J, Narhi T, Froberg K, Vallittu PK, Lassila LVJ. Effect of shading the zirconia framework on biaxial strength and surface microhardness. *Acta Odontologica Scandinavica* 2008; 66: 262-267.
32. Hofmann N, Papsthar G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *Journal of Oral Rehabilitation* 2001; 28: 1022-1028



33. Ilie N, Hickel R. Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dental Materials* 2008; 24:908-914.
34. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *Journal of Dentistry* 2009; 37s: e2-e6.
35. Kakaboura A, Rahiotis C, Zinelis S, Al-Dhamadi YA, Silikas N, Watts DC. In vitro characterization of two laboratory-processed resin composites. *Dental Materials* 2003; 19: 393-398.
36. Karataşlı Ö, Kursoğlu P, Çapa N, Kazazoğlu E. Comparison of the marginal fit of different coping materials and designs produced by computer aided manufacturing systems. *Dental Materials Journal* 2011; 30(1): 97-102.
37. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: Historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 18-32.
38. Kim BK, Bae HEK, Shim JS, Lee KW. The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 357-62.
39. Koch A, Kroeger M, Hartung M, Manetsberger I, Hiller KA, Schmalz G, Friedk KH. Influence of ceramic translucency on curing efficacy of different light-curing units. *J Adhes Dent* 2007; 9: 449-462.



40. Komori PCP, Paula AB, Martin AA, Tango RN, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Effect of light energy density on conversion degree and hardness of dual-cured resin cement. *Operative Dentistry* 2010; 30(5): 120-124.
41. Lee IB, An W, Chang J, Um CM. Influence of ceramic thickness and curing mode on the polymerization shrinkage kinetics of dual-cured resin cements. *Dental Materials* 2008; 24: 1141-1147.
42. Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. Variation in instrument-based color coordinates of esthetic restorative materials by measurement method – A Review. *Dental Materials* 2010; 26: 1098-1105.
43. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtmann I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry* 2010; 38s: e65-e70.
44. Li Q, Yu H, Wang YN. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. *Dental Materials* 2009; 25: 158-165.
45. Lim HN, Yu B, Lee YK. Spectroradiometric and spectrophotometric translucency of ceramic materials. *J Prosthet Dent* 2010; 104: 239-246.



46. Lu H, Mehmood A, Chow A, Powers JM. Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2005; 94: 549-554.
47. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without “sofstart-polymerization”. *Journal of Dentistry* 1997; 25: 321-330.
48. Mizrahi B. The Anterior All-Ceramic Crown: a rationale for the choice of ceramic and cement. *British Dental Journal* 2008; 205: 251-255.
49. Moraes RR, Brandt WC, Naves LZ, Correr-Sobrinho L, Piva E. Light- and time-dependent polymerization of dual-cured resin luting agent beneath ceramic. *Acta Odontol Scand* 2008; 66(5): 257-61.
50. Myers ML, Caughman WF, Rueggeberg FA. Effect of restoration composition, shade and thickness on the cure of a photo activated resin cement. *J Prosthodont* 1994; 3: 149-157 (abstract).
51. Nomoto R, Uchida K, Hirasawa T. Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins. *Dent Mater J* 1994; 13: 198-205.
52. Özkurt Z, Kazazoğlu, Ünal A. In vitro evaluation of shear bond strength of veneering ceramics to zirconia. *Dental Materials Journal* 2010; 29(2): 138-146.



53. Peixoto RTRC, Paulinelli VMF, Sander HH, Lanza MD, Cury LA, Poletto LTA. Light transmission through porcelain. *Dental Materials* 2007; 23: 1363-1368.
54. Piva E, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC, Consani S, Demarco FF, Powers JM. Influence of energy density of different light sources on Knoop hardness of dual-cured resin cement. *J Appl Oral Sci* 2008; 16(3): 189-193.
55. Pospiech P. All-Ceramic Crowns: Bonding or Cementing? *Clin Oral Invest* 2002; 6: 189-197.
56. Rasetto FH, Driscoll CF, Prestipino V, Masri R, Fraunhofer JÁ. Light transmission through all-ceramic materials: A pilot study. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 441-446.
57. Sadan A, Blatz MB, Lang B. Consideraciones clínicas de las restauraciones de alúmina y zirconio con sinterizado de alta densidad: Part 2. *Revista Internacional de Odontología Restauradora y Periodoncia* 2005; 9(4): 353-359.
58. Santos Jr GC, El-Mowafy O, Rubo JH, Santos MJMC. Hardening of Dual-Cure Resin cements and a resin composite restorative cured with QHT and LED curing units. *J Can Dent Assoc* 2004; 70(5): 323-328.



59. Santos Jr GC, Santos MJMC, Rizkalla AS. Adhesive Cementation of Etchable Ceramic Esthetic Restorations. J Can Dent Assoc 2009; 75(5): 379-84.
60. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface Treatment Protocols in the Cementation Process of Ceramic and Laboratory-Processed Composite Restorations: A Literature Review. J Esthet Restor Dent 2005; 17: 224-235.
61. Tango RN, Sinhoreti MAC, Correr AB, Correr-Sobrinho L, Consani RLX. Effect of Veneering Materials and curing methods on resin cement knoop hardness. Braz Dent J 2007; 18(3): 235-239.
62. Tezvergil-Mutluay A, Lassila LVJ, Vallitty PK. Degree of conversion of dual-cure luting resins light-polymerized through various materials. Acta Odontologica Scandinavica 2007; 65: 201-205.
63. Tsai PCL, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. Dent Mater 2004; 20: 364-369.
64. Zhang Y, Kim JW. Graded structures of damage resistant and aesthetic all-ceramic restorations. Dental Materials 2009; 25: 781-790.
65. Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. J Prosthet Dent 1996; 76: 140-144



66. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. J Prosthet Dent 2002; 87: 657-666.





# Anexos



## Anexo 1

	Microdureza Vickers
Grupo 1 <b>Lava sem pigmentação</b>	15,7 10,9 7,6 9,0 10,1
Grupo 2 <b>Lava A1</b>	4,3 4,8 4,8 5,0 5,4
Grupo 3 <b>Lava A4</b>	10,3 10,2 9,8 9,0 10,8
Grupo 4 <b>Zirkonzahn sem pigmentação</b>	8,4 6,4 8,7 9,6 9,3
Grupo 5 <b>Zirkonzahn A1</b>	7,8 7,6 7,3 7,4 8,5
Grupo 6 <b>Zirkonzahn A4</b>	7,7 8,1 8,6 9,1 8,5
Grupo 7 <b>Prettau sem pigmentação</b>	10,0 13,9 13,4 14,3 10,6
Grupo 8 <b>Prettau A1</b>	6,3 6,3 5,9 6,7 7,1
Grupo 9 <b>Prettau A4</b>	7,4 6,7 7,3 7,6 7,6

Anexo 1 – Valores de microdureza Vickers, medidos em Kg/mm<sup>2</sup>, das diferentes amostras de cimento de resina fotopolimerizável utilizadas no presente estudo.



## Anexo 2

Tipo de Cerâmica			Statistic
Microdureza Vickers	LAVA	Mean	10,660
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	6,838
		Upper Bound	14,482
		5% Trimmed Mean	10,550
		Median	10,100
		Variance	9,473
		Std. Deviation	3,0778
		Minimum	7,6
		Maximum	15,7
		Range	8,1
		Interquartile Range	5,0
		Skewness	1,352
		Kurtosis	2,316
	LAVA A1	Mean	4,860
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	4,366
		Upper Bound	5,354

Tipo de Cerâmica			Std. Error
Microdureza Vickers	LAVA	Mean	1,3764
		Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	LAVA A1	Mean	,1778



Tipo de Cerâmica			Statistic
Microdureza Vickers	LAVA A1	5% Trimmed Mean	4,861
		Median	4,800
		Variance	,158
		Std. Deviation	,3975
		Minimum	4,3
		Maximum	5,4
		Range	1,1
		Interquartile Range	,7
		Skewness	-,105
		Kurtosis	1,203
	LAVA A4	Mean	10,020
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	9,185
		Upper Bound	10,855
		5% Trimmed Mean	10,033
		Median	10,200
		Variance	,452
		Std. Deviation	,6723
		Minimum	9,0
		Maximum	10,8
		Range	1,8
		Interquartile Range	1,2
		Skewness	-,781
		Kurtosis	,946
	Zirkonzhan	Mean	8,480
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	6,921
		Upper Bound	10,039
		5% Trimmed Mean	8,533
		Median	8,700
		Variance	1,577
		Std. Deviation	1,2558
		Minimum	6,4
		Maximum	9,6
		Range	3,2
		Interquartile Range	2,0
		Skewness	-1,480
		Kurtosis	2,427
	Zirkonzhan A1	Mean	7,720
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	7,128
		Upper Bound	8,312

Tipo de Cerâmica			Std. Error
Microdureza Vickers	LAVA A1	Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	LAVA A4	Mean	,3007
		Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	Zirkonzhan	Mean	,5616
		Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	Zirkonzhan A1	Mean	,2131



Tipo de Cerâmica			Statistic
Microdureza Vickers	Zirkonzhan A1	5% Trimmed Mean	7,700
		Median	7,600
		Variance	,227
		Std. Deviation	,4764
		Minimum	7,3
		Maximum	8,5
		Range	1,2
		Interquartile Range	,8
		Skewness	1,412
		Kurtosis	1,994
	Zirkonzhan A4	Mean	8,400
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	7,743
		Upper Bound	9,057
		5% Trimmed Mean	8,400
		Median	8,500
		Variance	,280
		Std. Deviation	,5292
		Minimum	7,7
		Maximum	9,1
		Range	1,4
		Interquartile Range	,9
		Skewness	-,051
		Kurtosis	-,187
	Prettau	Mean	12,440
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	9,968
		Upper Bound	14,912
		5% Trimmed Mean	12,472
		Median	13,400
		Variance	3,963
		Std. Deviation	1,9907
		Minimum	10,0
		Maximum	14,3
		Range	4,3
		Interquartile Range	3,8
		Skewness	-,545
		Kurtosis	-2,885
	Prettau A1	Mean	6,460
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	5,894
		Upper Bound	7,026

Tipo de Cerâmica			Std. Error
Microdureza Vickers	Zirkonzhan A1	Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	Zirkonzhan A4	Mean	,2366
		Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	Prettau	Mean	,8903
		Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	Prettau A1	Mean	,2040



Tipo de Cerâmica			Statistic
Microdureza Vickers	Prettau A1	5% Trimmed Mean	6,456
		Median	6,300
		Variance	,208
		Std. Deviation	,4561
		Minimum	5,9
		Maximum	7,1
		Range	1,2
		Interquartile Range	,8
		Skewness	,405
		Kurtosis	-,178
	Prettau A4	Mean	7,320
		95% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	6,860
		Upper Bound	7,780
		5% Trimmed Mean	7,339
		Median	7,400
		Variance	,137
		Std. Deviation	,3701
		Minimum	6,7
		Maximum	7,6
		Range	,9
		Interquartile Range	,6
		Skewness	-1,593
		Kurtosis	2,662

Tipo de Cerâmica			Std. Error
Microdureza Vickers	Prettau A1	Skewness	,913
		Kurtosis	2,000
	Prettau A4	Mean	,1655
		Skewness	,913
		Kurtosis	2,000

Anexo 2 – Estatística descritiva relativa aos valores de microdureza Vickers, medidos em Kg/mm<sup>2</sup>, das diferentes amostras de cimento de resina fotopolimerizável utilizadas no presente estudo.



## Anexo 3

Tests of Normality

Tipo de Cerâmica		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>	
		Statistic	df
Microdureza Vickers	LAVA	,269	5
	LAVA A1	,240	5
	LAVA A4	,206	5
	Zirkonzhan	,275	5
	Zirkonzhan A1	,233	5
	Zirkonzhan A4	,175	5
	Prettau	,285	5
	Prettau A1	,237	5
	Prettau A4	,278	5

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

Tipo de Cerâmica		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>	Shapiro-Wilk		
			Statistic	df	Sig.
Microdureza Vickers	LAVA	,200 <sup>*</sup>	,901	5	,414
	LAVA A1	,200 <sup>*</sup>	,961	5	,816
	LAVA A4	,200 <sup>*</sup>	,959	5	,804
	Zirkonzhan	,200 <sup>*</sup>	,871	5	,271
	Zirkonzhan A1	,200 <sup>*</sup>	,880	5	,311
	Zirkonzhan A4	,200 <sup>*</sup>	,987	5	,966
	Prettau	,200 <sup>*</sup>	,842	5	,172
	Prettau A1	,200 <sup>*</sup>	,961	5	,814
	Prettau A4	,200 <sup>*</sup>	,821	5	,118

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Anexo 3 – Avaliação da normalidade das amostras de cimento de resina fotopolimerizável utilizadas no presente estudo.



## Anexo 4

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Microdureza Vickers	Based on Mean	3,994	8	36	,002
	Based on Median	2,111	8	36	,060
	Based on Median and with adjusted df	2,111	8	10,096	,132
	Based on trimmed mean	3,785	8	36	,003

Ranks

	Tipo de Cerâmica	N	Mean Rank
Microdureza Vickers	LAVA	5	34,00
	LAVA A1	5	3,00
	LAVA A4	5	35,70
	Zirkonzhan	5	25,20
	Zirkonzhan A1	5	19,00
	Zirkonzhan A4	5	25,50
	Prettau	5	40,60
	Prettau A1	5	8,70
	Prettau A4	5	15,30
	Total	45	

Test Statistics<sup>a,b</sup>

	Microdureza Vickers
Chi-Square	37,228
df	8
Asymp. Sig.	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:  
Tipo de Cerâmica

Anexo 4 – Avaliação da homocedasticidade das amostras de cimento de resina fotopolimerizável utilizadas no presente estudo.





## Anexo 5

Created Variables<sup>b</sup>

Source Variable <sup>a</sup>	Function	New Variable	Label
dureza	Rank	Rdureza	Rank of dureza

a. Ranks are in ascending order.

b. Mean rank of tied values is used for ties.

### ANOVA

Rank of dureza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6414,600	8	801,825	24,737	,000
Within Groups	1166,900	36	32,414		
Total	7581,500	44			



### Multiple Comparisons

Rank of dureza  
LSD

(I) Tipo de Cerâmica	(J) Tipo de Cerâmica	Mean Difference (I-J)		
		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LAVA	LAVA A1	31,000000	3,600772	,000
	LAVA A4	-1,700000	3,600772	,640
	Zirkonzhan	8,800000 *	3,600772	,020
	Zirkonzhan A1	15,000000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan A4	8,500000 *	3,600772	,024
	Prettau	-6,600000	3,600772	,075
	Prettau A1	25,300000 *	3,600772	,000
	Prettau A4	18,700000 *	3,600772	,000
LAVA A1	LAVA	-31,000000 *	3,600772	,000
	LAVA A4	-32,700000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan	-22,200000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan A1	-16,000000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan A4	-22,500000 *	3,600772	,000
	Prettau	-37,600000 *	3,600772	,000
	Prettau A1	-5,700000	3,600772	,122
	Prettau A4	-12,300000 *	3,600772	,002

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

(I) Tipo de Cerâmica	(J) Tipo de Cerâmica	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
LAVA	LAVA A1	23,69730	38,30270
	LAVA A4	-9,00270	5,60270
	Zirkonzhan	1,49730	16,10270
	Zirkonzhan A1	7,69730	22,30270
	Zirkonzhan A4	1,19730	15,80270
	Prettau	-13,90270	,70270
	Prettau A1	17,99730	32,60270
	Prettau A4	11,39730	26,00270
LAVA A1	LAVA	-38,30270	-23,69730
	LAVA A4	-40,00270	-25,39730
	Zirkonzhan	-29,50270	-14,89730
	Zirkonzhan A1	-23,30270	-8,69730
	Zirkonzhan A4	-29,80270	-15,19730
	Prettau	-44,90270	-30,29730
	Prettau A1	-13,00270	1,60270
	Prettau A4	-19,60270	-4,99730



		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
(I) Tipo de Cerâmica	(J) Tipo de Cerâmica			
LAVA A4	LAVA	1,700000 *	3,600772	,640
	LAVA A1	32,700000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan	10,500000 *	3,600772	,006
	Zirkonzhan A1	16,700000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan A4	10,200000 *	3,600772	,008
	Prettau	-4,900000 *	3,600772	,182
	Prettau A1	27,000000 *	3,600772	,000
	Prettau A4	20,400000 *	3,600772	,000
Zirkonzhan	LAVA	-8,800000 *	3,600772	,020
	LAVA A1	22,200000 *	3,600772	,000
	LAVA A4	-10,500000 *	3,600772	,006
	Zirkonzhan A1	6,200000 *	3,600772	,094
	Zirkonzhan A4	-,300000 *	3,600772	,934
	Prettau	-15,400000 *	3,600772	,000
	Prettau A1	16,500000 *	3,600772	,000
	Prettau A4	9,900000 *	3,600772	,009
Zirkonzhan A1	LAVA	-15,000000 *	3,600772	,000
	LAVA A1	16,000000 *	3,600772	,000
	LAVA A4	-16,700000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan	-6,200000 *	3,600772	,094
	Zirkonzhan A4	-6,500000 *	3,600772	,079
	Prettau	-21,600000 *	3,600772	,000
	Prettau A1	10,300000 *	3,600772	,007
	Prettau A4	3,700000 *	3,600772	,311
Zirkonzhan A4	LAVA	-8,500000 *	3,600772	,024
	LAVA A1	22,500000 *	3,600772	,000
	LAVA A4	-10,200000 *	3,600772	,008
	Zirkonzhan	,300000 *	3,600772	,934
	Zirkonzhan A1	6,500000 *	3,600772	,079
	Prettau	-15,100000 *	3,600772	,000
	Prettau A1	16,800000 *	3,600772	,000
	Prettau A4	10,200000 *	3,600772	,008
Prettau	LAVA	6,600000 *	3,600772	,075
	LAVA A1	37,600000 *	3,600772	,000
	LAVA A4	4,900000 *	3,600772	,182
	Zirkonzhan	15,400000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan A1	21,600000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan A4	15,100000 *	3,600772	,000
	Prettau A1	31,900000 *	3,600772	,000
	Prettau A4	25,300000 *	3,600772	,000



		95% Confidence Interval	
(I) Tipo de Cerâmica	(J) Tipo de Cerâmica	Lower Bound	Upper Bound
LAVA A4	LAVA	-5,60270	9,00270
	LAVA A1	25,39730	40,00270
	Zirkonzhan	3,19730	17,80270
	Zirkonzhan A1	9,39730	24,00270
	Zirkonzhan A4	2,89730	17,50270
	Prettau	-12,20270	2,40270
	Prettau A1	19,69730	34,30270
	Prettau A4	13,09730	27,70270
Zirkonzhan	LAVA	-16,10270	-1,49730
	LAVA A1	14,89730	29,50270
	LAVA A4	-17,80270	-3,19730
	Zirkonzhan A1	-1,10270	13,50270
	Zirkonzhan A4	-7,60270	7,00270
	Prettau	-22,70270	-8,09730
	Prettau A1	9,19730	23,80270
	Prettau A4	2,59730	17,20270
Zirkonzhan A1	LAVA	-22,30270	-7,69730
	LAVA A1	8,69730	23,30270
	LAVA A4	-24,00270	-9,39730
	Zirkonzhan	-13,50270	1,10270
	Zirkonzhan A4	-13,80270	,80270
	Prettau	-28,90270	-14,29730
	Prettau A1	2,99730	17,60270
	Prettau A4	-3,60270	11,00270
Zirkonzhan A4	LAVA	-15,80270	-1,19730
	LAVA A1	15,19730	29,80270
	LAVA A4	-17,50270	-2,89730
	Zirkonzhan	-7,00270	7,60270
	Zirkonzhan A1	-,80270	13,80270
	Prettau	-22,40270	-7,79730
	Prettau A1	9,49730	24,10270
	Prettau A4	2,89730	17,50270
Prettau	LAVA	-,70270	13,90270
	LAVA A1	30,29730	44,90270
	LAVA A4	-2,40270	12,20270
	Zirkonzhan	8,09730	22,70270
	Zirkonzhan A1	14,29730	28,90270
	Zirkonzhan A4	7,79730	22,40270
	Prettau A1	24,59730	39,20270
	Prettau A4	17,99730	32,60270



		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
(I) Tipo de Cerâmica	(J) Tipo de Cerâmica			
Prettau A1	LAVA	-25,300000	3,600772	,000
	LAVA A1	5,700000 *	3,600772	,122
	LAVA A4	-27,000000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan	-16,500000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan A1	-10,300000 *	3,600772	,007
	Zirkonzhan A4	-16,800000 *	3,600772	,000
	Prettau	-31,900000 *	3,600772	,000
	Prettau A4	-6,600000 *	3,600772	,075
Prettau A4	LAVA	-18,700000 *	3,600772	,000
	LAVA A1	12,300000 *	3,600772	,002
	LAVA A4	-20,400000 *	3,600772	,000
	Zirkonzhan	-9,900000 *	3,600772	,009
	Zirkonzhan A1	-3,700000 *	3,600772	,311
	Zirkonzhan A4	-10,200000 *	3,600772	,008
	Prettau	-25,300000 *	3,600772	,000
	Prettau A1	6,600000 *	3,600772	,075

		95% Confidence Interval	
(I) Tipo de Cerâmica	(J) Tipo de Cerâmica	Lower Bound	Upper Bound
Prettau A1	LAVA	-32,60270	-17,99730
	LAVA A1	-1,60270	13,00270
	LAVA A4	-34,30270	-19,69730
	Zirkonzhan	-23,80270	-9,19730
	Zirkonzhan A1	-17,60270	-2,99730
	Zirkonzhan A4	-24,10270	-9,49730
	Prettau	-39,20270	-24,59730
	Prettau A4	-13,90270	,70270
Prettau A4	LAVA	-26,00270	-11,39730
	LAVA A1	4,99730	19,60270
	LAVA A4	-27,70270	-13,09730
	Zirkonzhan	-17,20270	-2,59730
	Zirkonzhan A1	-11,00270	3,60270
	Zirkonzhan A4	-17,50270	-2,89730
	Prettau	-32,60270	-17,99730
	Prettau A1	-,70270	13,90270

Anexo 5 – Resultados dos testes *post-hoc* LSD para as diferentes amostras de cimento de resina fotopolimerizável utilizadas no presente estudo.



## Anexo 6

Lava	Pigmento	Amostra	Valor
	0	1	400
	0	2	400
	0	3	400
	0	4	400
	0	5	400
	1	1	320
	1	2	320
	1	3	320
	1	4	320
	1	5	320
	4	1	190
	4	2	190
	4	3	190
	4	4	190
	4	5	190

Zirkonzahn	Pigmento	Amostra	Valor
	0	1	400
	0	2	400
	0	3	400
	0	4	400
	0	5	400
	1	1	210
	1	2	210
	1	3	210
	1	4	210
	1	5	210
	4	1	100
	4	2	100
	4	3	100
	4	4	100
	4	5	100



	Pigmento	Amostra	Valor
Prettau	0	1	400
	0	2	400
	0	3	400
	0	4	400
	0	5	400
	1	1	320
	1	2	320
	1	3	320
	1	4	320
	1	5	320
	4	1	250
	4	2	250
	4	3	250
	4	4	250
	4	5	250

Anexo 6 - Valores de transmissão de luz medidos, em  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , obtidos pela análise radiométrica das diferentes amostras de cerâmica utilizadas no presente estudo.